

## STUDI KAPAL IKAN KATAMARAN BERBASIS ENERGI FOSIL STUDY OF FISH KATAMARAN SHIP BASED ON FOSSIL ENERGY

Pramudya Imawan Santosa

Dosen Jurusan Teknik Perkapalan - Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Corresponding author-email: [pramudya05@itats.ac.id](mailto:pramudya05@itats.ac.id)

Submitted: 17 December 2019 / Revised: 09 April 2020 / Accepted: 28 April 2020

<http://doi.org/10.21107/jk.v13i1.6141>

### ABSTRACT

*In general, the operation of a fishing boat is always associated with economic and environmental issues. The consumption of fossil energy is still quite large, especially the use of fuel oil (fuel) as fuel to drive the ship's engine. The use of fuel for motorized vessels besides being uneconomic is also not friendly environment. Technical analysis is carried out by testing the ship model then the results are developed with shipping theories. This paper explains the cost benefits of using fuel on fishing vessels and is expected to provide a comprehensive picture to those concerned so that they are expected to be able to help in making decisions. From the results of the study it was shown that catamaran hull is very potential to be used as a fishing vessel because it has a large deck area and also has good resistance, stability and movement (seakeeping) performance and has the potential to reduce exhaust emissions and subsequently will be used as a basis for non-fossil energy applications on ships.*

**Keyword:** fishing boats, fossil energy, pollution, analysis.

### ABSTRAK

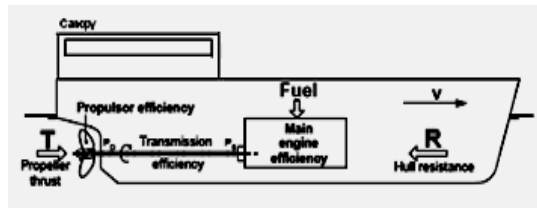
*Secara umum, operasional dari sebuah kapal ikan senantiasa dikaitkan dengan persoalan ekonomi dan lingkungan. Konsumsi pemakaian energi fosil masih cukup besar terutama penggunaan bahan bakar minyak (bbm) sebagai bahan bakar untuk menggerakkan mesin kapal. Pemakaian bbm untuk kapal bermotor disamping tidak ekonomis juga tidak ramah lingkungan. Analisa teknis dilakukan dengan melakukan pengujian model kapal selanjutnya hasilnya dikembangkan dengan teori-teori ilmu perkapalan. Paper ini memaparkan cost benefits penggunaan bbm pada kapal ikan dan diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif kepada mereka yang berkepentingan sehingga diharapkan dapat membantu dalam mengambil keputusan. Dari hasil penelitian diperlihatkan bahwa lambung katamaran sangat potensial untuk digunakan sebagai kapal penangkap ikan karena memiliki area geladak yang luas dan juga memiliki kinerja hambatan, stabilitas dan gerakan (seakeeping) yang baik serta berpotensi mengurangi emisi gas buang dan selanjutnya ke depan akan dijadikan sebagai dasar untuk aplikasi energi non fosil di kapal.*

**Kata Kunci:** kapal ikan, energi fosil, polusi, analisa.

### PENDAHULUAN

Saat ini kapal ikan masih sangat dibutuhkan untuk mendukung dan menopang ketahanan pangan bagi bermilyard-milyard manusia di dunia ini. Kita tahu bahwa misi dari sebuah kapal ikan adalah melakukan penangkapan ikan dari laut untuk mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas dengan cara-cara yang sesuai dan mengantar

ikan tersebut ke darat atau ke kapal lain untuk proses selanjutnya. Dalam operasionalnya sebuah kapal ikan harus benar-benar aman karena pada cuaca buruk pun kapal tersebut harus bekerja, sehingga persoalan hambatan total, tenaga penggerak, konsumsi bbm, stabilitas dan *seakeeping* menjadi perhatian yang sangat penting (FAO, 2007).

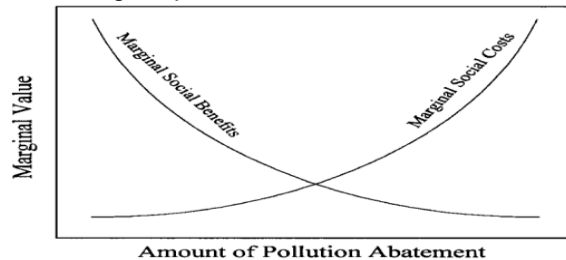


Gambar 1. Konfigurasi Kapal Motor (Pramudya *et al.*, 2017).

Gambar 1. memperlihatkan konfigurasi kapal dengan penggerak mesin. Konsep konversi energikernya adalah mengubah energy fosil (bbm) menjadi gaya dorong yang dibutuhkan kapal melalui baling-baling.

Dari aktifitas operasional tersebut akan berdampak pada adanya kenaikan tingkat polusi

udara (seperti: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>) di atmosfer terutama pada kapal ikan yang menggunakan mesin diesel berbahan bakar minyak fosil (Pramudya *et al.*, 2017) dan juga akan menurunkan nilai marjinal dari lingkungan yang terdampak seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Cost-benefits trade-off in pollution abatement (Sher, 1998).

Gambar 2 memperlihatkan Cost-benefits akibat adanya peningkatan polusi udara, nilai marjinal lingkungan sosial yang terdampak akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya polusi udara yang harus dibayar dengan meningkatnya biaya sosial marjinal (Sher, 1998).

Secara umum, operasional dari sebuah kapal ikan senantiasa dikaitkan dengan persoalan ekonomi dan lingkungan. Faktor ekonomi adalah biaya bahan bakar karena konsumsi pemakaian bahan bakar minyak (fosil) cukup besar terutama untuk menggerakkan kapal, sedangkan faktor lingkungan adalah berkaitan dengan tingkat polusi yang terjadi akibat operasional kapal. Tingginya harga bahan bakar minyak sama sekali tidak menguntungkan bagi operator kapal. Penggunaan bahan bakar untuk kapal bermotor bukan saja tidak ekonomis lagi, akan tetapi juga tidaklah ramah dengan lingkungan. Persoalan ekonomi dan kuatnya tekanan lingkungan memaksa perancang dan pemilik kapal untuk menciptakan kapal yang lebih efisien sehingga meminimalkan penggunaan tenaga penggerak kapal. Pengurangan besarnya tenaga penggerak kapal (dan kebutuhan bbm) dapat dipenuhi sejak tahap desain kapal yaitu dengan menciptakan desain lambung dan sistem propulsi yang lebih efisien

serta aktivitas operasional kapal termasuk pengoperasian kapal, seperti: Kapal Layar, Kapal Listrik tenaga surya, Kapal Layar Mesin (KLM) (FAO, 2007). Dampak yang diberikan dari aktifitas operasional tersebut sangat penting untuk dikaji dan selanjutnya ke depan akan dijadikan sebagai dasar untuk mengembangkan penggerak kapal menggunakan energi terbarukan yang efisien dan efektif.

## TINJAUAN PUSTAKA

### a. Teori Pergerakan Kapal (*Ship Moving Theory*)

Kapal dapat bergerak maju ke depan dikarenakan adanya gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu (Molland *et al.*, 2011). Berdasarkan dasar teori tersebut, maka syarat kapal dapat bergerak adalah sbb:

$$T \geq R_T \quad \text{or} \quad T - R_T \geq 0 \quad (1)$$

### b. Hambatan (*Resistance*)

Hambatan total kapal ( $R_T$ ) dihitung menurut (Molland *et al.*, 2011) sesuai Persamaan (2)

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2)$$

Dimana:  $\rho$  adalah massa jenis air laut,  $C_T$  adalah koefisien hambatan total,  $WSA$  adalah luas permukaan basah,  $V$  adalah kecepatan kapal

### c. Gaya Dorong (*Thrust*)

Adalah gaya (energi) yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal menurut (Molland *et al.*, 2011) dapat diekspresikan seperti Persamaan berikut:

$$\text{Thrust } (T) = R_T / (1-t) \quad (3)$$

$$t = k_R \cdot wt \quad (4)$$

$$wt = -0.0458 + 0.3745 C_B^2 + 0.1590 D_w - 0.8635 Fr + 1.4773 Fr^2 \quad (5)$$

$$D_w = \frac{B}{V^{1/3}} \sqrt{\frac{V^{1/3}}{D}} \quad (6)$$

Dimana:  $t$  adalah *thrust deduction factor* untuk *single screw*,  $k_R$  adalah 0.5 untuk thin rudder.

### d. Tenaga Penggerak (*Powering*)

Adalah penggerak utama kapal yang bekerjanya dengan cara mengkonversi energi bahan bakar untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu. Salah satu metode pembagian tenaga yang paling mendasar pada tenaga penggerak mesin diesel konvensional adalah membedakan antara *effective power* ( $P_E$ ) yang diperlukan untuk menggerakkan kapal dan *power delivered* ( $P_D$ ) pada unit penggerak kapal. Formulasi yang dipakai menurut (Molland *et al.*, 2011) adalah sbb:

$$\text{Effective power } (P_E) = R_T \times V_s$$

$$\text{Delivered power } (P_D) = P_E / \eta_D$$

$$\text{Quasi-propulsive coefficient } (\eta_D) = \eta_P \cdot \eta_H \cdot \eta_R$$

$$\text{Service power } (P_s) = P_D / \eta_T$$

Dimana: harga  $\eta_T$  0.98 dengan gearbox, 0.95 tanpa gearbox

$$\text{Installed power } (P_I) = P_s + \text{Margin}$$

Margins (*roughness, fouling, weather*) 15 – 20% tergantung rute pelayaran.

### e. Persyaratan dan kelengkapan yang harus dimiliki kapal ikan

- Ruang muat kapal ikan, menurut FAO (2007), estimasi volume ruang muat kapal

ikan ditentukan dengan menggunakan pers. (12) dan (13),

$$\text{Metode Cubic number (CUNO)} = (L \times B \times H) \quad (12)$$

$$\text{Kapasitas ruang muat} = \text{CUNO} \times 0.14 + 10\% \quad (13)$$

- Kru kapal, perhitungan jumlah crew menurut (Pinkster & Lamb, 2004)

$$\text{Jumlah crew} = 1.9925 \times (\text{Kapasitas ruang muat})^{0.3639} \quad (14)$$

- Durasi operasional, menurut (Pinkster & Lamb, 2004) sesuai Tabel 1 kapal ikan yang mempunyai panjang (L): 10– 50 m durasi operasinya adalah 1- 5 hari diambil 5 hari dengan pola kerja 8 jam/hari.

- Berat kapal kosong (LWT), menurut (Helm, 2012) diekspresikan pada pers. (15),

$$\text{LWT kapal katamaran} = 0.7 \times \text{Displasemen} \quad (15)$$

Dimana, menurut (Pinkster & Lamb, 2004) terdiri dari:

- Berat konstruksi ( $W_h$ ) diekspresikan pada pers. (16),

$$W_h = 0.614 \times \text{LWT} \quad (16)$$

- Berat peralatan dan perlengkapan dapat dihitung menggunakan pers. (17), (18) dan (19),

$$\begin{aligned} \text{Berat peralatan kapal ikan } (W_{SE}) \\ = 8.8\% \times \text{LWT} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{Berat peralatan proses } (W_{FPE}) \\ = 6.7\% \times \text{LWT} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Berat peralatan tangkap } (W_{FE}) \\ = 4.1\% \times \text{LWT} \end{aligned} \quad (19)$$

- Konsumabel, terdiri dari:

- Kebutuhan bahan bakar ( $W_{fc}$ ), berdasarkan spesifikasi mesin *fuel consump. (fc)* 10 ltr/h atau 0.23 kg/HP/h.

- Kebutuhan air tawar ( $W_{fw}$ ), menurut (JICA, 1990): 50 kg/person/day.

- Sedangkan berat kru dan provisions ( $W_{cp}$ ) masih menurut (JICA, 1990) adalah 120 kg/person.

$$\text{Gross Tonnage (GT) kapal,} \quad (9)$$

$$\text{sesuai Dirjen Perhubungan Laut,} \quad (19)$$

$$(1975): GT = 0.25 \times V \quad (20)$$

$$GT = (0.2 + 0.02 \log V) V \quad (21)$$

$$(N_1) = K_2 V_c [4d/3D]^2 + K_3 [N_1 + N_2/10] \quad (22)$$

Dimana:  $K_2 = 0.2 + 0.02 \log V$ ,  $V_c$  = Fishing hold volume,  $K_3 = 1.25 [1 + GT/10000]$ ,  $N_1$ ,  $N_2 = 0$  untuk kru < 13.

### f. Teori kuantifikasi Polusi Udara

Perhitungan polusi udara ( $CO_2$  index atau  $E_I$ ) menurut (Korol & Latorre, 2010)

$$E_I = K_i \cdot SFR \cdot K_w \cdot T \cdot \lambda \quad (23)$$

Dimana:  $K_i$  = emisi per ton dari bahan bakar yang dibakar (Kg/Ton fuel),  $SFR$  = *specific fuel consumption* (gm/kW.hr),  $K_w$  = daya mesin (Kw),  $T$  = waktu operasi dari mesin kapal (hr),  $\lambda$  =  $CO_2$  conversion (ton  $CO_2$ /Kg).

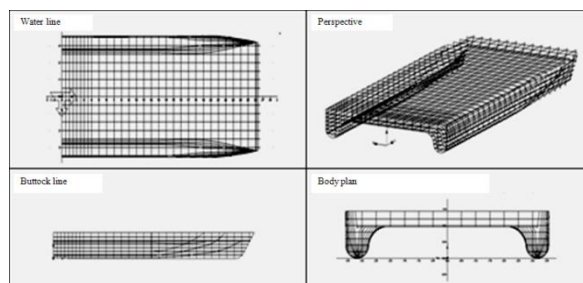
## MATERI DAN METODE

Penelitian ini bersifat melanjutkan dan semua materi data informasi menggunakan hasil penelitian terdahulu untuk mendukung saintifik/akademik dan aplikasinya. Ukuran utama kapal katamaran dan hasil eksperimen hambatan kapal di towing tank menggunakan data-data hasil Tabel 1. Perbedaan katamaran dan Demihull

| Parameter    | Catamaran | Demihull |
|--------------|-----------|----------|
| LWL (m)      | 14.5      | 14.5     |
| B (m)        | 7.655     | 1.855    |
| D (m)        | 0.65      | 0.65     |
| $C_B$        | 0.382     | 0.382    |
| Displ. (ton) | 11.8      | 5.9      |

eksperimen yang dilakukan oleh Utama (2010). Kapal ikan yang menggunakan lambung katamaran jumlahnya masih sangat terbatas di dunia ini (FAO, 2007).

Sementara itu, lambung katamaran sangat potensial untuk digunakan sebagai kapal penangkap ikan karena memiliki area geladak yang luas dan juga memiliki kinerja hambatan, stabilitas dan gerakan (*seakeeping*) yang baik (Utama *et al.*, 2012) serta berpotensi mengurangi emisi gas buang.



Gambar 3. Rencana garis Lambung Katamaran (Pramudya *et al.*, 2017).

Rencana garis merupakan representasi dari kondisi kapal sebenarnya dan sebagai dasar pembuatan model lambung katamaran yang

dipergunakan untuk pengujian hambatan kapal di kolam uji.



Gambar 4. Pengujian Hambatan Model Lambung katamaran (Utama *et al.*, 2012).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Tabel 2 memperlihatkan nilai hasil pengujian hambatan kapal katamaran di kolam uji,

selanjutnya dari data ini akan dikembangkan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan tenaga penggerak (*Powering*).

Tabel 2. Nilai hambatan kapal, (Utama *et al.*, 2012)

| Run No. | V (knots) | Fr    | Catamaran Resistances (kN) |         |         |
|---------|-----------|-------|----------------------------|---------|---------|
|         |           |       | S/L=0.2                    | S/L=0.3 | S/L=0.4 |
| 1       | 5.788     | 0.250 | 1.821                      | 1.659   | 1.659   |
| 2       | 6.218     | 0.268 | 2.141                      | 1.851   | 2.061   |
| 3       | 6.677     | 0.288 | 2.443                      | 2.239   | 2.348   |
| 4       | 7.051     | 0.304 | 2.852                      | 2.678   | 2.947   |
| 5       | 7.560     | 0.326 | 3.460                      | 3.568   | 3.547   |
| 6       | 8.032     | 0.347 | 4.467                      | 3.954   | 3.766   |
| 7       | 8.384     | 0.362 | 4.844                      | 4.345   | 4.341   |
| 8       | 8.818     | 0.380 | 5.149                      | 4.790   | 4.662   |
| 9       | 9.233     | 0.398 | 5.807                      | 5.592   | 5.515   |
| 10      | 9.813     | 0.423 | 7.101                      | 6.448   | 6.138   |

Tabel 3. Hasil pengembangan data (Pramudya *et al.*, 2017)

| No. | Parameter                | Simbol                 | Hasil | Satuan         | Asal         |
|-----|--------------------------|------------------------|-------|----------------|--------------|
| 1   | Displasemen              | $\Delta$               | 11.8  | ton            | Tabel 1      |
| 2   | Berat kapal kosong       | <i>LWT</i>             | 7.227 | ton            | Pers. (15)   |
| 3   | Payload                  | <i>DWT</i>             | 4.673 | ton            | (1-2)        |
| 4   | Hambatan kapal           | <i>RT</i>              | 6.138 | kN             | Tabel 2      |
| 5   | Gaya dorong              | <i>T</i>               | 6.685 | kN             | Pers. (3)    |
| 6   | Tenaga penggerak         | <i>P</i>               | 30    | kW             | Pers. (11)   |
| 7   | Cubic number             | <i>CUNO</i>            | 55.04 | m <sup>3</sup> | Pers. (12)   |
| 8   | Kapasitas ruang muat     | <i>Cap.</i>            | 8.5   | m <sup>3</sup> | Pers. (13)   |
| 9   | Kru kapal                | <i>Crew</i>            | 5     | person         | Pers. (14)   |
| 10  | Durasi operasional       | <i>t</i>               | 5     | hari           | 8 jam/hari   |
| 11  | Gross tonnage            | <i>GT</i>              | 14.45 | tonnage        | Pers. (21)   |
| 12  | Nett tonnage             | <i>NT</i>              | 3.03  | tonnage        | Pers. (22)   |
| 13  | Berat konstruksi         | <i>Wh</i>              | 5072  | Kg             | Pers. (16)   |
| 14  | Berat mesin              | <i>Wm</i>              | 243   | kg             | Spek mesin   |
| 15  | Berat peralatan kapal    | <i>W<sub>SE</sub></i>  | 727   | kg             | Pers. (17)   |
| 16  | Berat peralatan proses   | <i>W<sub>FPE</sub></i> | 339   | kg             | Pers. (18)   |
| 17  | Berat peralatan tangkap  | <i>W<sub>FE</sub></i>  | 554   | kg             | Pers. (19)   |
| 18  | Kebutuhan bahan bakar    | <i>W<sub>fc</sub></i>  | 872   | kg             | *KSNA ref    |
| 19  | Kebutuhan air tawar      | <i>W<sub>fw</sub></i>  | 1250  | kg             | *KSNA ref    |
| 20  | Berat kru dan provisions | <i>W<sub>cp</sub></i>  | 600   | kg             | *KSNA ref    |
| 21  | Muatan bersih            | <i>W<sub>c</sub></i>   | 1851  | kg             | (3-18-19-20) |

Misi dari sebuah kapal ikan adalah melakukan penangkapan dan mendapatkan ikan yang memenuhi kualitas dari laut yang harus dilakukan dengan cepat merupakan fungsi daripada waktu. Proses penangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan pada lari semua (migrasi), sedangkan proses pengolahan hasil tangkapan yang lamban menyebabkan ikan-ikan rusak / busuk. Ditinjau

dari pola operasional kapal ikan (*Trawlers/fishing vessel/s*) di laut, pada umumnya memiliki 3 (tiga), yaitu : (a) Pencarian ikan; Kapal ikan sedang mencari posisi 'gerombolan ikan yang ada di lingkungan sekitarnya/ terdekat, biasanya kapal beroperasi dengan kecepatan servis berkisar 8 – 12 knots, (b) Pengejaran ikan; Kapal ikan bergerak lebih cepat menuju titik posisi 'fishing

ground', biasanya kecepatan servis kapal mencapai 16 – 20 knots, (c) Penangkapan ikan; kapal sedang menarik jaring tangkapannya, saat itu kapal bergerak dengan kecepatan yang relatif rendah ( $\pm 6$  knots). Disini terlihat jelas bahwa tingkat fleksibilitas dalam operasional kapal ikan adalah sangat tinggi sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kapal haruslah memiliki konfigurasi sistem propulsi yang handal dan mampu memberikan 'ruang fleksibilitas' yang optimal sesuai dengan cakupan teknis dan ekonomis kapal. Sementara itu pada kapal-kapal komersial lainnya (misalnya: General Cargo) terlihat bahwa kebutuhan akan tingkat fleksibilitas operasionalnya, adalah tidak begitu kompleks, umumnya pola operasional kapal-kapal general cargo adalah cukup dengan satu kondisi *designed speed* saja. Sehingga, sistem propulsi yang

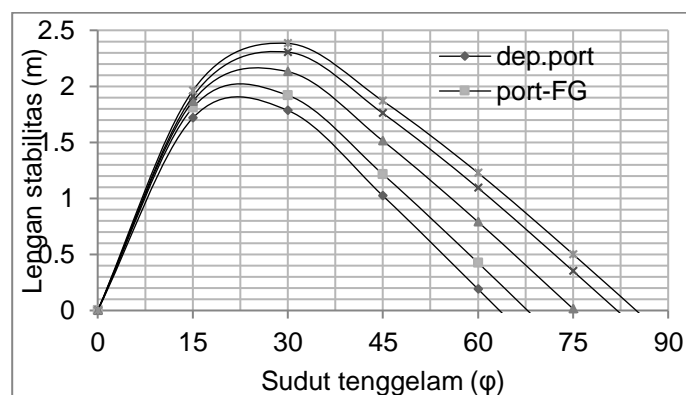
dirancang adalah hanya untuk memenuhi satu tuntutan kecepatan servis yang direncanakan.

Pemeriksaan displasemen: Tabel 3 memperlihatkan distribusi data berat kapal kosong (*LWT*) sebesar 7227 kg dan *Payload* (*DWT*) sebesar 4673 kg dengan muatan bersih sebesar 1851 kg. Jika keduanya dijumlahkan (*LWT* dan *DWT*), maka didapatkan harga sama dengan berat displasemen kapal ( $\Delta$ ) yaitu sebesar 11800 kg (sesuai dengan Tabel 1).

Pemeriksaan stabilitas: Posisi titik berat dari sebuah kapal sangat berpengaruh pada stabilitas, olah gerak (*seakeeping*) dan kelincahan kapal saat beroperasi di laut. Untuk pembahasan maksud tersebut, diberikan beberapa variasi titik berat kapal ikan yang dibahas pada kondisi operasional seperti yang tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Resume Titik Berat berbagai kondisi operasional (Pramudya *et al.*, 2017; Santosa *et al.*, 2016)

| No | Operasional kapal    | LWT (kg) | DWT (kg) |          |            |           | Displ. (kg) | Titik berat |       | Sarat, T (m) |
|----|----------------------|----------|----------|----------|------------|-----------|-------------|-------------|-------|--------------|
|    |                      |          | Bbm (kg) | Air (kg) | Prov. (kg) | Muat (kg) |             | LCG         | KG    |              |
| 0  | Desain               | 7227     | 872      | 1250     | 600        | 1851      | 11800       | 6.452       | 1.007 | 0.694        |
| 1  | Bkt dari pelabuhan   | 7227     | 872      | 1250     | 600        | 0         | 9949        | 5.966       | 0.981 | 0.585        |
| 2  | Menuju fishingground | 7227     | 712      | 1000     | 540        | 0         | 9479        | 6.020       | 0.976 | 0.557        |
| 3  | Menangkap ikan di FG | 7227     | 392      | 750      | 480        | 926       | 9775        | 6.405       | 0.986 | 0.575        |
| 4  | Meninggalkan FG      | 7227     | 232      | 375      | 420        | 1851      | 10105       | 6.727       | 0.996 | 0.594        |
| 5  | Tiba di pelabuhan    | 7227     | 72       | 125      | 330        | 1851      | 9605        | 6.821       | 0.991 | 0.565        |



Gambar 5. Kurva stabilitas (Pramudya *et al.*, 2017; Santosa *et al.*, 2016)

Tabel 5 memperlihatkan persyaratan stabilitas kapal ikan menurut *The Fishing Vessels (Safety Provisions) Rules 1975* dan *HSC annex 7, IMO 2016* dan hasil pemeriksaannya yang semuanya

memenuhi persyaratan dengan nilai periode oleng (*T*) natural sebesar antara 5.66 -6.84 detik terklasifikasi sangat kaku (*Very stiff*), (Pramudya *et al.*, 2017; Santosa *et al.*, 2016).

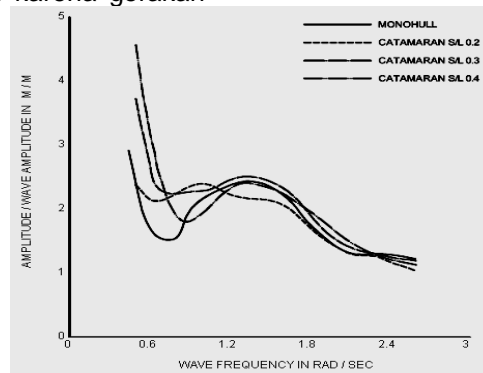
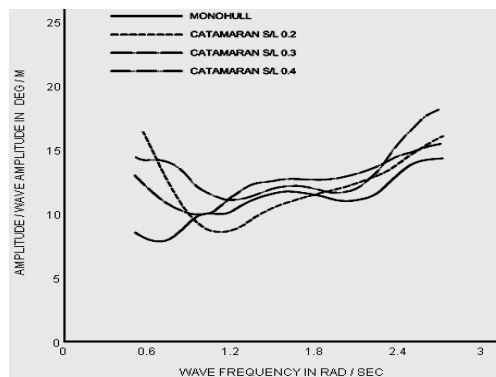
Tabel 5. Hasil perhitungan stabilitas kapal ikan menurut regulasi (Hind, 1982).

| No | Deskripsi                                      | Hasil  |       |       |       |       | Satuan | Syarat        | Ket. |
|----|--|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|------|
|    |  | dep    | p-fg  | fg    | Fg-p  | aport |        |               |      |
| 1  | Luas area lengan Stab. Statis (SS) s/d $30^0$  | 25.856 | 25.87 | 25.84 | 28.68 | 28.69 | m.deg  | $\geq 6.9322$ | pass |
| 2  | Luas area lengan SS s/d $40^0$                 | 0.928  | 0.998 | 1.085 | 1.156 | 1.196 | m.rad  | $\geq 0.090$  | pass |
| 3  | Luas area lengan SSs antara $30^0$ - $40^0$    | 0.245  | 0.273 | 0.318 | 0.355 | 0.371 | m.rad  | $\geq 0.030$  | pass |
| 4  | Lengan stabilitas min. untuk sudut $\geq 30^0$ | 1.785  | 1.920 | 2.131 | 2.305 | 2.383 | m      | $\geq 0.200$  | pass |
| 5  | Sudut pada lengan Stab. Statis maks.           | 22     | 24    | 27    | 29    | 30    | degree | $\geq 10^0$   | pass |
| 6  | GM awal  | 8.018  | 8.813 | 8.074 | 7.489 | 7.865 | m      | $\geq 0.150$  | pass |

### Pemeriksaan Seakeeping

Respons gerakan kapal ketika menerima usikan dari luar (external) dimana dalam hal ini diakibatkan oleh pukulan gelombang yang biasanya berupa amplitudo, velositi dan akselerasi pada gerakan kapal adalah *Seakeeping* (Battacaryya, 1972). Kinerja *seakeeping* kapal katamaran diatas gelombang merupakan fenomena yang menarik untuk dikaji. Diketahui bahwa gerakan *Roll* untuk lambung katamaran sangat baik, sedangkan gerakan *heave* dan *pitch* merupakan gerakan yang masih banyak diteliti oleh para peneliti karena gerakan

tersebut ditengarai merupakan gerakan yang kritis bagi kapal katamaran. Dari kajian hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Utama *et al.*, (2012) dijelaskan bahwa lambung katamaran dengan jarak melintang antara lambung umumnya  $S/L=0.2$ , memiliki gerakan *heave* dan *pitch* yang lebih kecil. Semakin kecil jarak antara lambung semakin kecil respon gerakan *heave* dan *pitch* yang ditimbulkan. Hasil perhitungan *Response Amplitude Operators (RAO)* untuk gerakan *heave* dan *pitch* seperti yang disajikan pada Gambar 6. dan 7.

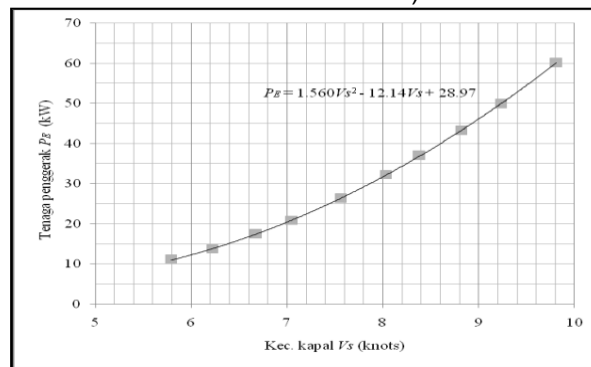
Gambar 6. Gerakan *Heave* (Heave Motion)Gambar 7. Gerakan *Pitch* (Pitch Motion), (Utama *et al.*, 2012).

Gerakan kapal monohull, umumnya memiliki respon yang lebih kecil pada frekwensi gelombang rendah, sedangkan gerakan kapal katamaran sangat bergantung pada pemilihan jarak antara lambung (S/L), sebagaimana yang diperoleh dari hasil kajian eksperimen (Utama *et al.*, 2012). Sementara penekanan dari Respon kapal, baik tipe *monohull* maupun *catamaran*, sangat signifikan pada kondisi arah gelombang dari samping (120 dan 150 derajat) terhadap arah laju kapal. Secara detail dipertegas oleh (Utama *et al.*, 2012), bahwa gerakan kapal katamaran S/L=

0.2 lebih kecil 18% dibanding kapal katamaran S/L= 0.4 pada arah gelombang 120°.

### Tinjauan Aspek Ramah Lingkungan

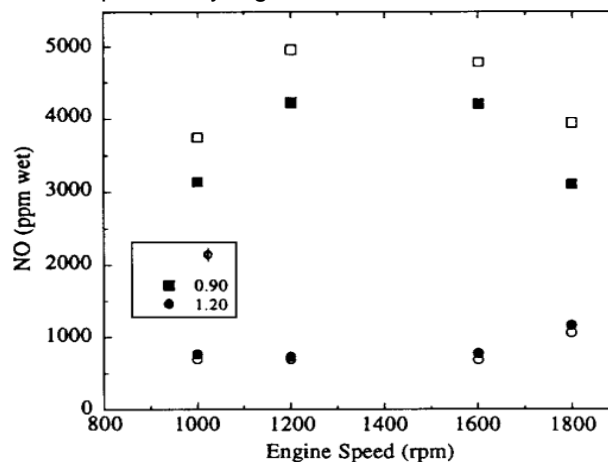
Mesin adalah penggerak utama kapal yang bekerjanya dengan cara mengkonversi energi fosil (bahan bakar minyak) untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu (Pramudya *et al.*, 2017; Molland *et al.*, 2011).



Gambar 8. Grafik hubungan antara Vs - P

Gambar 8. memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal Vs dengan tenaga penggerak P dengan tren yang meningkat artinya bertambahnya kecepatan kapal Vs akan meningkatkan terjadinya hambatan kapal RT sehingga tenaga penggerak kapal P yang

dihasilkan juga akan meningkat. Kapal dengan alat penggerak propeller ketika semakin tinggi putaran mesinnya (*Engine Speed* atau *Rpm*), maka akan semakin meningkat pula kecepatannya (Vs), karena putaran mesin (*Rpm*) merupakan fungsi dari kecepatan kapal Vs.

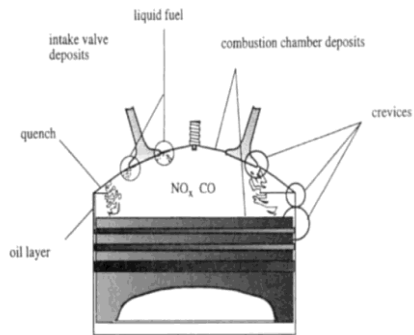


Gambar 9. Diagram polusi udara

Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara *Engine Speed (Rpm)* dengan Polusi udara (ppm wet), semakin tinggi putaran mesin (*Engine*

*Speed* atau *Rpm*), maka akan semakin meningkat pulagas buang dihasilkan sehingga meningkatkan kuantitas Polusi udara yang terjadi.



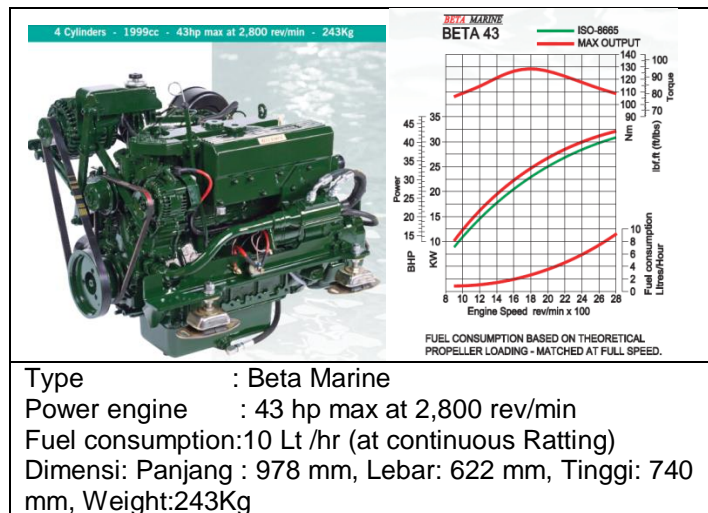


Sources of pollutant formation in spark-ignited engines.

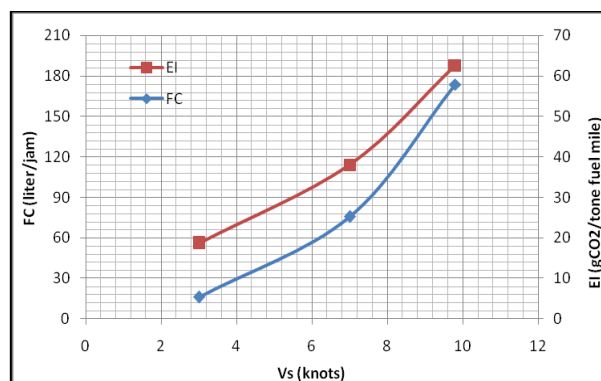
Gambar 10. Sumber polusi pada Mesin

Gambar 10 memperlihatkan sumber polusi udara dari gas buang yang dihasilkan pada Mesin pembakaran dalam (Internal combustion engine).

Gambar 11. memperlihatkan Data spesifikasi mesin yang dipergunakan pada kapal ikan ini dan akan dievaluasi polusi udara yang dihasilkan.



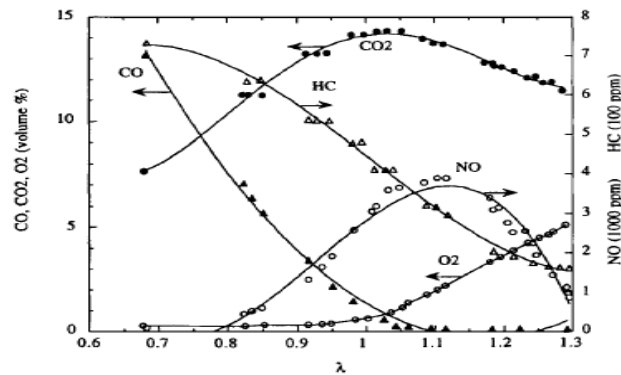
Gambar 11. Data spesifikasi mesin



Gambar 12. Hubungan antara Vs - FC-EI

Gambar 12. memperlihatkan hubungan antara kecepatan kapal Vs, polusi udara EI dan konsumsi bbm FC dari kapal ikan yang mempunyai power P 60 kW. Pada saat kapal ikan beroperasi dengan Vs 3 knots dari grafik didapat nilai FC sebesar 5.4 liter/jam dan EI sekitar 56 g

CO<sub>2</sub>/ tonne fuel mile. Ketika kapal ikan beroperasi dengan Vs 7 knots dari grafik didapat nilai FC sebesar 25.2 liter/jam dan EI sekitar 114 g CO<sub>2</sub>/ tonne. Demikian pula saat kapal beroperasi dengan Vs 9.8 knots didapat nilai FC sebesar 58 liter/jam dan EI sekitar 188 g CO<sub>2</sub>/ tonne.



Variation of exhaust emissions with relative air-fuel ratio (Harrington and Shisu [3]).

Gambar 13 Polusi udara berbagai macam emisi gas buang

Gambar 13 memperlihatkan diagram polusi udara berbagai macam emisi gas buang yang dihasilkan dari kerja mesin. Saat ini terdapat setidaknya ada sekitar 1.3 juta kapal ikan komersil bergeladak dengan penggerak mesin, dan 40 ribu diantaranya mempunyai bobot 100 ton yang ikut berpartisipasi dalam menyuplai kebutuhan pangan sehari-hari dan menopang ketahanan pangan bagi berjuta-juta manusia di dunia ini (FAO, 2007). Dari aktifitas penangkapan ikan tersebut berdampak pada adanya kenaikan tingkat polusi udara (seperti: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>) di atmosfer terutama pada kapal ikan yang menggunakan mesin diesel berbahan bakar minyak fosil (Korol dan Latorre, 2010).

### Efisiensi dan Nilai Ekonomis operasional

Perbandingan muatan dengan konsumsi BBM adalah sebesar 47 % (lihat tabel 3), artinya untuk mendapatkan hasil tangkapan sebesar 1000 kg ikan dibutuhkan energi fosil sebesar 470 kg BBM. Dari hasil ini dapat dipergunakan untuk menentukan keterukuran nilai teknis dan ekonomis dari kapal ikan. Dengan mengukur konsumsi BBM dan polusi udara yang terjadi pada kapal ikan yang sedang beroperasi (seperti yang diperlihatkan pada table 6 di bawah), maka dapat diketahui tingkat efisiensi dan nilai ekonomisnya.

Tabel 6. Efisiensi dan Nilai Ekonomis operasional

| No | Kecepatan kapal<br>Vs (knots) | Power P<br>(Kw) | Thrust<br>T (kN) | Konsumsi BBM<br>FC (liter/jam) | Emisi EI<br>(g CO <sub>2</sub> / tonne fuel<br>mile) |
|----|-------------------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|--|
| 1  | 3                             | 8               | 1.994            | 5.4                            | 57.55  |
| 2  | 7                             | 31              | 4.059            | 25.2                           | 134.29   |
| 3  | 9.8                           | 60              | 6.685            | 57.9                           | 188  |

Tabel 6. memperlihatkan hubungan antara Tenaga penggerak (*P*), Gaya dorong (*T*), Konsumsi BBM (*FC*) dan Indeks emisi (*EI*) pada saat kapal ikan beroperasi dengan kecepatan dinas (*Vs*) yang sesuai dengan pola operasionalnya (*voyage profile*) dan didapatkan nilai ekonomis energi fosil sebagai berikut: Pertama, untuk harga Kecepatan kapal (*Vs*) sebesar 1 knots setara dengan nilai BBM sebesar 5.9 liter/jam. Kedua, untuk harga Tenaga penggerak kapal (*P*) sebesar 1 Kw setara dengan nilai BBM sebesar 0.965 liter/jam. Ketiga, sedangkan untuk harga Gaya dorong kapal (*T*) sebesar 1 kN setara dengan nilai BBM sebesar 8.7 liter/jam (FAO, 2007).

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa lambung katamaran sangat potensial untuk digunakan sebagai kapal penangkap ikan karena memiliki area geladak yang luas dan juga memiliki kinerja hambatan, stabilitas dan gerakan (*seakeeping*) yang baik serta berpotensi mengurangi emisi gas buang dan selanjutnya ke depan akan dijadikan sebagai dasar untuk aplikasi energi non fosil di kapal (Santosa, 2019)

### DAFTAR PUSTAKA

FAO Fishing Vessel. (2007). Available online at: [http:// www.id.wikipedia.org](http://www.id.wikipedia.org).

- Pramudya, I.S., Utama, I. K. A. P., Wasis, D.A. (2017). Catamaran Fishing Vessel: An Overview of the Energy, Functions and Performance Aspects of Environmentally Friendly Vessels, *Dissertation* - MT093350
- Sher, E. (1998). *Handbook of air pollution from internal combustion engines: pollutant formation and control*. Academic Press.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2011). *Ship Resistance and Propulsion – Practical Estimation of Ship Propulsive Power*. ISBN: 978-0-521-76052-2 Hardback, CUP, USA.
- Pinkster, J., Lamb, T. (2004). *Ch. 41 Fishing Vessel - Ship Design and Construction Vol. II, The Society of Naval Architects and Marine Engineers*. ISBN 0-939773-41-4, 601 Pavonia Avenue Jersey City, NJ 07306
- Helmes T. (2012). *Catamaran Design*, [http://www.catamaransite.com/catamaran\\_hull\\_dimensioning.html](http://www.catamaransite.com/catamaran_hull_dimensioning.html).
- JICA. (1990). *Basic Design-Book 3*. The Kansai Of Naval Architects, Japan.
- Dirjen Perhubungan Laut. (1975). Keputusan Nomor PY.6711116-02.
- International Tonnage Convention of 1969 (ITC),
- Korol, I., & Latorre, R. (2010). Development of Eco-Friendly Fishing Vessel An ecological vehicle powered by renewable energy. *EVER Monaco*.
- Utama, K. A. P., Jamaluddin, A., & Aryawan, W. D. (2012). Experimental investigation into the drag interference of symmetrical and asymmetrical staggered and unstaggered catamarans. *Journal of Ocean Technology*, 7(1).
- Hind, J.A. (1982). *Stability and Trim of Fishing Vessels - second edition*. Fishing News Book Ltd. Farnham. Surrey. England.
- Battacaryya, R. (1972). *Dynamics Of Marine Vehicles*. Published John Wiley and Sons. New York.
- Santosa, P. I., Utama, I. K. A. P., & Aryawan, W. D. (2016). Power Estimation of HCFV Based on Voyage Profile. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, ISSN (Online), 2319-7064.
- Santosa, P. I. (2019, January). The Configuration of Engine-Sail Catamaran Fishing Vessel. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 462, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.